

УДК 518.5 : 532.54

В.В.ТОКАРЕВ, канд. техн. наук

*Институт систем энергетики им. Л.А Мелентьева СО РАН, г.Иркутск
(Российская Федерация)*

СОПОСТАВИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ РАСЧЕТА РЕЖИМОВ РЕАЛЬНЫХ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ КРУПНЫХ ГОРОДОВ НА ИЗОТЕРМИЧЕСКОЙ И НЕИЗОТЕРМИЧЕСКОЙ МОДЕЛЯХ

Приведена характеристика теплоснабжающих систем двух городов Иркутской области: Ангарска и Братска. Произведен сопоставительный анализ режимов этих городов по результатам наладочных и поверочных расчетов с учетом дискретности размеров дросселирующих устройств. Расчеты выполнены средствами информационно-вычислительного комплекса «АНГАРА-ТС».

Наведено характеристику теплопостачальних систем двох міст Іркутської області: Ангарська і Братська. Зроблено порівняльний аналіз режимів цих міст за результатами налагоджувальних і перевірочних розрахунків з урахуванням дискретності розмірів дросельних пристроїв. Розрахунки виконано засобами інформаційно-обчислювального комплексу «Ангара-ТС».

A characteristic of heat supply systems of Angarsk and Bratsk, two towns of Irkutsk region, is given. A comparative analysis of conditions in those towns according to the results of checkout and verifying calculations is performed taking into account the discontinuity of the throttling devices dimensions. The calculations were performed using the data-processing complex "ANGARA-TS" resources.

Ключевые слова: математическое моделирование, теплоснабжение, расчет режима.

Реальные теплоснабжающие системы (ТСС) имеют неоднородную структуру и часто работают в непроектных режимах. По этой причине в сети имеются трубопроводы с малыми скоростями и повышенным остыванием теплоносителя, приводя к «недотопам». Это характерно для протяженных участков тепловых сетей, присоединяющих потребителей с небольшой тепловой нагрузкой, или при завышенных диаметрах тепловой сети. В этом случае требуется поправка параметров теплоносителя (температуры или расхода) по сравнению с проектными значениями для обеспечения потребителей заданным количеством теплоты. Значения таких поправок могут быть получены по результатам наладочного теплогидравлического расчета режима ТСС [1] с применением неизотермической модели потокораспределения.

Целями и задачами работы являются исследования: зависимости величины остывания теплоносителя при его транспорте к потребителю от времени транспорта, скорости течения, протяженности и конструктивных особенностей трубопроводной сети; влияния вносимых поправок для компенсации теплопотерь на режим работы ТСС и сопоставле-

ние имитационных (поверочных) расчетов по результатам мероприятий разработанных с учетом и без учета теплопотерь.

Режимы работы ТСС можно разделить на нормальные (штатные) и аварийно-восстановительные. В работе исследовались нормальные расчетные режимы работы ТСС на примерах г. Ангарска и центрального района г. Братска Иркутской области (рис.1). Для этих городов с 1995 г. по 2011 г. были созданы и эксплуатировались многоуровневые информационно-графические базы данных (ГБД). Сбор и занесение информации о ТСС осуществлялся силами ИСЭМ СО РАН совместно со специалистами отделов тепловых сетей этих городов (филиалы ОАО «Иркутскэнерго» ТЭЦ-6 и ТЭЦ-9). За это время было внедрено несколько поколений программного обеспечения ИСЭМ СО РАН для автоматизации расчета режимов ТСС, последним из которых является Информационно-вычислительный комплекс (ИВК) «АНГАРА-ТС». Эти ТСС имеют: открытую зависимую схему теплоснабжения с качественным регулированием по графику 150/70; наличие как крупных промышленных и жилых потребителей, так и потребителей с небольшой тепловой нагрузкой (малоэтажные жилые дома, гаражные кооперативы); промежуточное регулирование; сложную многоконтурную структуру протяженных тепловых сетей; совместно работающие на общие тепловые сети крупные источники теплоты – ТЭЦ (табл.1).

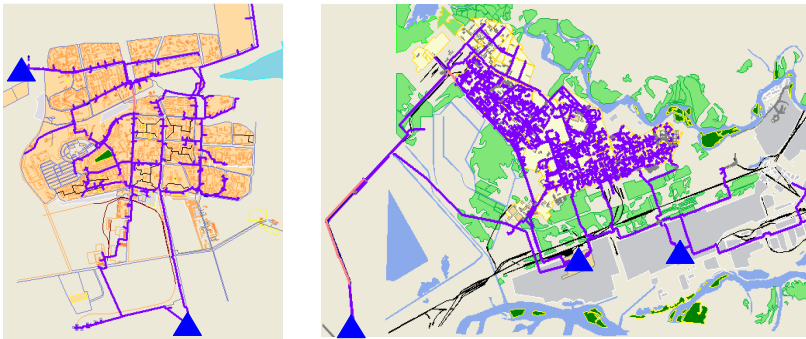


Рис.1 – Вид ТСС Братска и Ангарска

Порядок наладочных расчетов режима ТСС на ее компьютерной модели. Разработка режима ТСС осуществляется в несколько этапов: уточнение нагрузок и характеристик как тепловых сетей, так и объектов теплоснабжения; составление обезличенной схемы ТСС (открываются все существующие переключки) и определение параметров источников и насосных станций; расчеты режима, определение секционирования и

параметров промежуточных ступеней регулирования; определение параметров абонентских систем потребителей и дросселирующих устройств на неавтоматизированных вводах; поверочные расчеты и доведение (дополнительная корректировка) режима ТСС.

Таблица 1 – Количественные характеристики объектов теплоснабжения

Город	Количество источников (магистралей от источников)	Количество насосных станций	Количество ЦТП	Протяженность тепловых сетей, км	Размерность расчетной сети Узлов(ветвей)	Количество потребителей в расчетной модели
Ангарск	3(7)	6	0	МТС 160*2 РТС 215*2	2418(2983) 12164(14947)	85 2998
Братск	2(4)	4	85	МТС 85*2 РТС 125*2	1110(1359) 4872(6025)	152 1931

Поскольку наладка режима ТСС и его регулирование осуществляется при помощи дроссельных устройств (автоматических регуляторов, балансировочных клапанов, шайб), а часть из этого оборудования имеет дискретные настройки, то для обеспечения комфортных условий у потребителей, диаметр дроссельного устройства или его «установка» подбираются так, чтобы расход теплоносителя был больше рассчитанного значения. В качестве «установки» принимается следующий больший диаметр отверстия в сужающем устройстве из заданного дискретного набора. Это приводит к небольшому увеличению расходов у потребителей. Для оценки влияния дискретности оборудования на изменение расчетного режима в работе были проведены вычислительные исследования на модели ТСС.

Методика эксперимента. Для определения влияния параметров движения теплоносителя и дискретности дросселирующих устройств на обеспеченность потребителей в работе проводились расчеты в следующей последовательности: наладочный расчет теплогидравлического режима работы ТСС №1 без компенсации теплопотерь; поверочный теплогидравлический расчет режима №1 на дискретный размер дросселирующих устройств; расчет обеспеченности потребителей количеством тепла по результатам режима №1; наладочный расчет теплогидравлического режима №2 работы ТСС объекта с компенсацией теплопотерь рас-

ходом; поверочный теплогидравлический расчет режима №2 на дискретный размер дросселирующих устройств; расчет обеспеченности потребителей количеством тепла по результатам режима №2; сопоставительный анализ результатов расчетов по обеспеченности потребителей, выявление общих признаков у потребителей, необеспеченных теплом нужного качества, и косвенных признаков, по которым можно определить таких потребителей априори.

Описание результатов эксперимента. Для анализа взаимосвязи между гидравлическими параметрами и остыванием теплоносителя в ИВК «АНГАРА-ТС» был добавлен расчет параметров по подающей магистрали:

– максимальное время транспорта теплоносителя по ходу движения теплоносителя от источника до n -го трубопроводного участка (ч) $t_{тр,n}^{max}$, где индекс max означает, что если через участок проходит несколько путей с разным временем транспорта, то $t_{тр,n}^{max}$ принимает значение наибольшего времени транспорта;

– $t_{тр,jn}^{max} = t_{тр,n}^{max}$, $t_{тр,n}^{max} = t_{тр,n}^{max} + t_{тр,n}$ – максимальное время транспорта теплоносителя по ходу движения от источника до начального jn и конечного jk узлов n -го трубопроводного участка (ч), где $t_{тр,n} = l_n / 3600v_n$ – время транспорта теплоносителя по n -му трубопроводному участку (ч), где l – длина участка (м), v – скорость движения теплоносителя по участку (м/с);

– максимальная длина пути по ходу движения потока от источника до n -го трубопроводного участка (м) – L_n^{max} , где индекс max означает, что если через участок проходит несколько путей с разной длиной пути, то L_n^{max} принимает значение наибольшей длины пути;

– наименьшая из скоростей на путях, связывающих источники с потребителем по ходу движения теплоносителя – $v_{пот}^{min}$.

На рис.2 размером выделена величина времени транспорта для ТСС г.Ангарска и выделены зоны с большим временем транспорта, в этих же зонах наблюдается наибольшее остывание теплоносителя. Время транспорта до ряда потребителей по расчету составило 30-40 часов (табл.2).

На рис.3 приводятся графики обеспеченности потребителей для режима №1 и №2 по результатам наладочного и поверочного (с учетом дискретности регулирующих устройств) расчетов для Братска. Для Ангарска графики имеют аналогичную структуру, поэтому в статье не при-

водятся. Потребители на рис.3 отсортированы так, что порядковый номер потребителей возрастает с увеличением его обеспеченности по расчету режима №1 на изотермической модели.

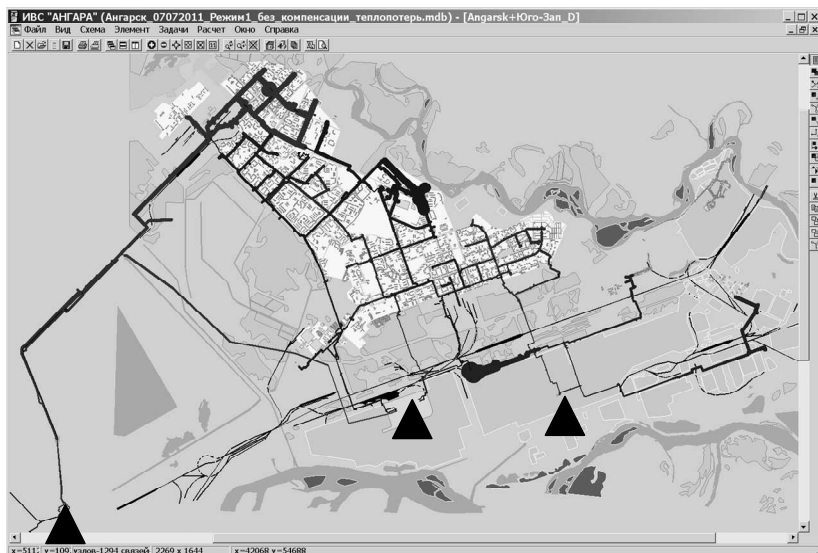


Рис.2 – Максимальное время транспорта теплоносителя

Таблица 2 – Время транспорта и длина пути теплоносителя

Город	Максимальная длина пути до потребителя, м	Максимальное время транспорта, ч
Ангарск режим №1	15499	33
Ангарск режим №2		33
Братск режим №1	14266	43
Братск режим №2		23

Как видно из рис.3,б, поправки к расходу значительно сказываются примерно на 10% потребителей, имевших наименьшую обеспеченность. Размеры этих поправок для остальных потребителей г. Ангарск и Братск не превышают 2%.

Численно оценив на компьютерной модели связь между временем транспорта и остыванием, можно сказать, что если скорости теплоносителя не опускаются ниже минимально рекомендуемых нормами 0,3-0,5 м/с, то даже без компенсации тепловых потерь увеличением расхода можно добиться удовлетворительных результатов в снабжении потребителей при времени транспорта по подающей магистрали 8-10 часов,

т.е. с радиусом теплоснабжения не менее 18 км. Однако, если скорость течения на части пути мала, то теплоноситель может полностью остыть до температуры окружающей среды за 1-2 часа, пройдя 30-50 м, особенно в распределительных трубопроводах малого диаметра с небольшим отношением удельного объема теплоносителя к площади боковой поверхности трубы, так как инерционность таких участков мала. Для таких участков требуется усиленная тепловая изоляция. Это связано еще и с тем, что на таких участках развивается ламинарный режим течения. При этом скорость течения по сечению трубы неоднородна, образуются застойные зоны у стенок трубы и в случае плохой изоляции температура теплоносителя возле поверхности труб будет близка к температуре окружающей среды.

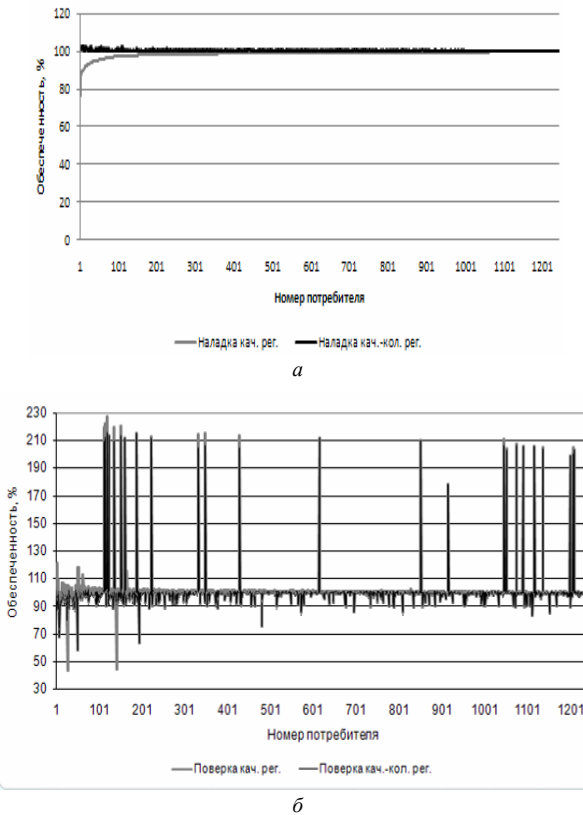


Рис.3 – Обеспеченность потребителей:

а – по результатам наладочного расчета; б – по результатам поверочного расчета.

Также анализ расчетов показал, что основные отличия в количестве поставляемой теплоты от проектного значения вызваны конкретными причинами. Так, недопоставка тепла связана со значительными остываниями теплоносителя из-за протяженности трассы (качество изоляции принималось удовлетворяющим нормативным требованиям к теплопередаче), а также с несоответствием размера трубы (диаметра) расходу теплоносителя, его малым скоростям и большим временем транспорта. Далее, «перетопы» возникают из-за невозможности точно отрегулировать малый расход существующим набором дросселирующих устройств (особенно при больших располагаемых напорах). В результате потребители могут получить расход, в несколько раз превышающий требуемый, что и видно на рис.3,б по отдельным потребителям, имеющим обеспеченность более 200%. По абсолютной величине эти перерасходы тепла не очень велики для потребителей, находящихся далеко от источника, но могут быть значительны, если такой потребитель находится возле источника.

Варианты нормализации режима. С причинами недопоставки теплоты можно справиться, компенсировав остывание теплоносителя его расходом или повышением температурного графика отпуска теплоты источником. Точность расчетов теплового режима в данном случае не является определяющей, и не имеет смысла проводить расчеты с точностью более 1-2 °С, так как дискретность дросселирующих устройств приносит в расчеты невозможность отрегулировать температуру больше этой точности, что видно из результатов эксперимента.

Избыточные расходы на практике можно уменьшить за счет: вставки в участки протяженных фрагментов трубопроводов малого диаметра шайб и балансировочных клапанов; уменьшения располагаемого напора за счет многоступенчатого регулирования. Однако все эти мероприятия уменьшают надежность снабжения, и при низком качестве теплоносителя могут привести к засорению труб и прекращению снабжения. Также потребители, рассчитанные на работу при малых располагаемых напорах, очень чувствительны к изменению напора, то есть при увеличении располагаемого напора на небольшую величину, расход может возрасти в несколько раз.

В связи с этим при разработке режима у потребителя, даже при непосредственном или независимом его присоединении к тепловой сети, рекомендуется оставлять и дросселировать у потребителя значительный напор, не менее 4-8 м.вод.ст. Это повысит надежность и стабильность снабжения потребителей и даст возможность устанавливать у них в будущем дополнительное оборудование – теплосчетчики, грязевики и т.п.

Важно отметить, что при разработке наладочных мероприятий

максимальную величину отбора тепла из сети каждым конкретным потребителем, снабженным автоматикой, необходимо ограничивать. Для этого необходимо вносить ограничение на расход, соответствующий проектной или договорной нагрузке или незначительно превышающий эти пределы. Ограничить расход можно за счет установки дополнительных шайб или балансировочных клапанов на вводы этих потребителей. Если это не сделать, то в случае дефицита тепла или в аварийных условиях такие потребители увеличат нагрузку на систему и могут полностью заблокировать получение тепла неавтоматизированными потребителями, приводя к усугублению ситуации и провоцируя возможность «разморозки» фрагментов ТСС при отрицательных наружных температурах.

Выводы

1. По результатам гидравлического расчета можно оценить необходимость проведения теплогидравлического расчета. Критерием для оценки может служить максимальное время транспорта и минимальная скорость. Если максимальное время транспорта до потребителя превышает 10 часов, то для такого потребителя необходимо рассчитать поправку к расходу.

2. Если минимальные скорости на участках выше 0,3 м/с, а максимальный путь не превышает 18 км, то для наладочных расчетов таких ТСС можно ограничиться расчетами потокораспределения с привлечением только изотермической модели.

3. Точность увязки температуры воздуха внутри потребителя не следует задавать выше 1 °С, так как по технологическим ограничениям дискретные размеры дросселирующих устройств приводят к изменению потокораспределения с увеличением температуры внутри потребителя на 1-4 °С.

1.Токарев В.В., Шалагинова З.И. Разработка методики многоуровневого наладочного теплогидравлического расчета систем теплоснабжения и ее реализация в составе ИВК «Ангара-ТС» // Математическое моделирование трубопроводных систем энергетики: Тр. XII Всеросс. научн. семин. с междунар. участ. «Математические модели и методы анализа и оптимального синтеза развивающихся трубопроводных и гидравлических систем». 20-26 сентября 2010 г. [Электронный ресурс], ISBN 978-5-93908-088-0. – Иркутск: ИСЭМ СО РАН, 2010. – С.300-314.

Получено 07.11.2011